Zeitschrift: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz = Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse = Radioattività dell'ambiente e dosi d'irradiazione in Svizzera

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz

Band: - (1997)

Rubrik: Allgemeine Überwachung

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

4. Allgemeine Überwachung [1)]

Zusammenfassung

(hv) Dieses Kapitel enthält die Ergebnisse der landesweiten Überwachung der Radioaktivität in Luft, Niederschlägen und Gewässern, ohne die in Kap. 7 behandelten "Spezialnuklide". Die Probenahme von Aerosolen, Niederschlägen, Flusswasser etc. erfolgt gemäss dem in Kap. 1 beschriebenen Plan.

Auf den Aerosolfiltern ist nebst dem natürlichen, durch die kosmische Strahlung laufend erzeugten ^{7}Be und dem langlebigen ^{210}Pb (sowie dessen Enkelkind ^{210}Po, das als Alphastrahler durch die Gammaspektrometrie nicht erfasst wird) nur noch ^{137}Cs bis etwa 10 micro-Bq pro m^3 nachweisbar. Es stammt zum grösseren Teil vom Reaktorunfall Tschernobyl und der Rest vom Kernwaffenfallout der 60er- und 70er-Jahre. In den Niederschlägen ist ^{137}Cs nicht mehr nachweisbar (d.h. unter 20 mBq/Liter).

Tritium in den Niederschlägen (siehe Kap. 4.1. und 4.3 sowie auch 7.1) weist an den von lokalen Emitenten unbeeinflussten Stationen noch wenige Bq/Liter auf. In der Nähe von Industriebetrieben, die Tritium verarbeiten (Teufen/AR, Niederwangen/BE und La Chaux-de-Fonds), sind die Werte teilweise deutlich erhöht, bis 1000 Bq/Liter. Dies führt bei Personen, die sich dauernd an diesen Stellen aufhalten, und damit in ihrem Körperwasser höchstens denselben Tritiumgehalt haben, zu Dosen von höchstens 0.02 mSv pro Jahr. Der Anstieg der Tritiumwerte im Niederschlag bei Niederwangen/BE gegen Ende Jahr (der auch als Erhöhung bei der Station Mühleberg festgestellt werden konnte) wird noch abgeklärt.

Für die Überwachung der Radioaktivität der Aerosole in der Luft wurde im Berichtsjahr ein automatisches, landesweites Netz (RADAIR) in Betrieb genommen. Die 11 Monitore befinden sich an folgenden Stationen: Fribourg, Jungfraujoch, Vaduz/FL, Genève-CERN, Basel, Lugano, Weissfluhjoch/Davos, Güttingen/TG, La Chaux-de-Fonds, Sion und Villigen/PSI installiert. Ferner wird an den drei Stationen Fribourg, Villigen/PSI und Lugano die Radioaktivität von gasförmigem Jod durch automatische Montitore überwacht. Die Messtationen werden alle halbe Stunde von der Datenzentrale bei der SUER in Fribourg abgefragt. Aerosolsammler mit wöchentlichem Filterwechsel stehen an weiteren 11 Standorten sowie Regensammler an 9 Stellen. Für die Erfassung radioaktiver Aerosole im extremen Low-Level-Bereich (beim ^{137}Cs weniger als 1 micro-Bq/m^3, dies entspricht einem Zerfall pro m^3 und Quartal) sind an den Standorten Oberschrot/FR, Genève-CERN, Monte Ceneri/TI und Güttingen/TG Aerosolsammler mit einem Durchsatz von 800 m^3/Std in Betrieb.

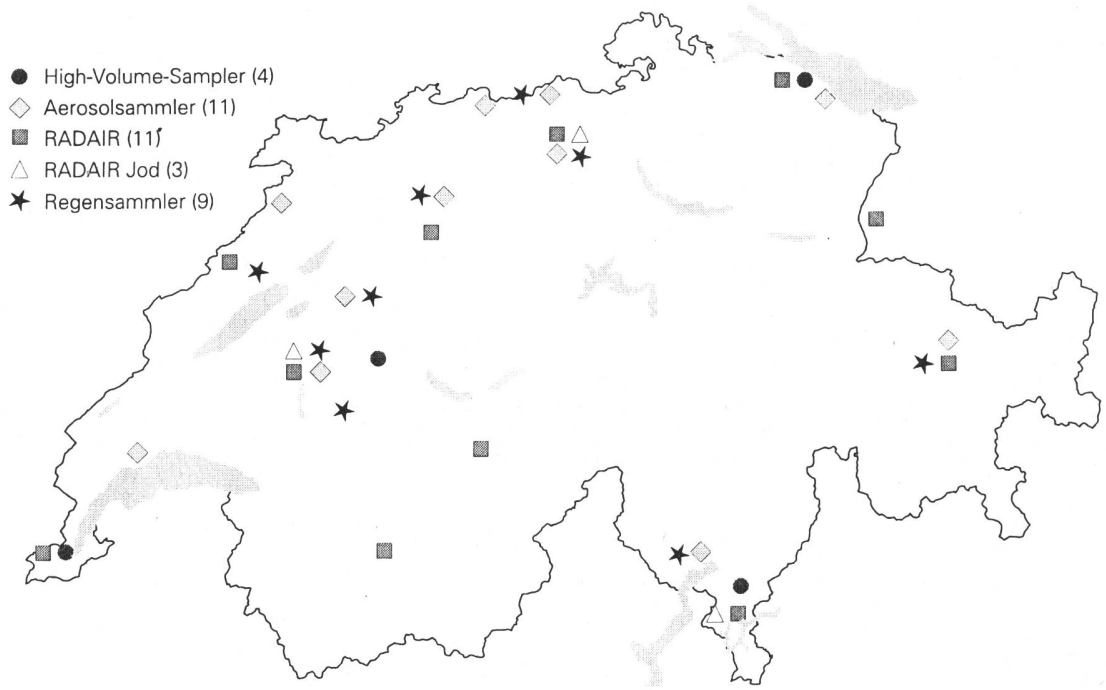
In den Flüssen lassen sich mit hochsensiblen Anreicherungsverfahren nebst den natürlichen Radionukliden ^{7}Be und ^{210}Pb auch Spuren von ^{60}Co und ^{137}Cs sowie vereinzelt auch ^{58}Co und ^{65}Zn nachweisen. Die Co- und Zn-Nuklide stammen aus den flüssigen Abgaben der Kernanlagen.

---

1) Überwachung der Kernanlagen siehe auch Kap. 8.

In Sedimenten aus dem Luganersee wurden ^{137}Cs-Bestimmungen durchgeführt (Kap. 4.4), die eine Caesium-Bilanz für diesen See (Zufluss, Abfluss sowie über Sedimentation) erstellen lassen.

Überwachungsnetz der Radioaktivität in Luft und Niederschlägen



4.1. Luft und Niederschläge

H. Surbeck und G. Ferreri Sektion Ueberwachung der Radioaktivität (SUER)
Bundesamt für Gesundheit, ch. du Musée 3
1700 FRIBOURG

Zusammenfassung

In den Aerosolproben waren die Aktivitäten künstlicher Radionuklide 1997 kaum mehr messbar. Für ^{137}Cs wurde der Wert von 10 µBq/m^3 in keiner Monatsprobe überschritten. Dank den grossen Luftdurchsätzen bei den Stationen Oberschrot/FR, Mte Ceneri/TI, Güttingen/TG und CERN konnten noch Spuren von ^{137}Cs und vereinzelt ^{134}Cs in Wochenproben nachgewiesen werden.

Die Aktivität künstlicher Radionuklide in den Niederschlägen war auch 1997 in den meisten Proben sehr tief. ^{137}Cs lag in allen Proben unterhalb 20 mBq/Liter. Wie schon in früheren Jahren erhöht waren die Tritium-Konzentrationen in den Niederschlägen in der Umgebung Tritium-verarbeitender Betriebe (Teufen AR und Niederwangen BE) und in der Nähe der Kerichtverbrennungsanlage von La Chaux-de-Fonds. Ebenfalls erhöht war die Tritiumkonzentration in einer Monatsprobe aus der Umgebung des Kernkraftwerkes Mühleberg. Das dürfte auf die Abgaben des oben erwähnten Betriebes in Niederwangen zurückzuführen sein.

Aerosolproben

a) Stationen in der Umgebung von Kernanlagen (Durchfluss ca. 40 m^3/h).

Figur 1 zeigt die ^{7}Be Konzentrationen auf den Aerosolfiltern in der Umgebung von Kernanlagen. In keiner der Monatsproben wurde für ^{137}Cs der Wert von 10 µ Bq/m^3 überschritten. Abgaben mit der Abluft des Beschleunigers am PSI sind wahrscheinlich der Grund für die generell leicht höheren ^{7}Be Werte in der Umgebung PSI/KKB.

b) Stationen mit grossem Durchfluss (ca. 500 m^3/h).

Ende 1996 konnte der Testbetrieb mit einem weiteren Aerosol-Sammler mit grossem Durchfluss (600 m^3/h) beim CERN in Genf aufgenommen werden. Die Daten, die an diesem Ort und mit den Aerosolsammlern auf dem Mte. Ceneri, in Oberschrot/FR und in Güttingen/TG 1996 gesammelt wurden, sind in den Figuren 2 bis 4 zu sehen.

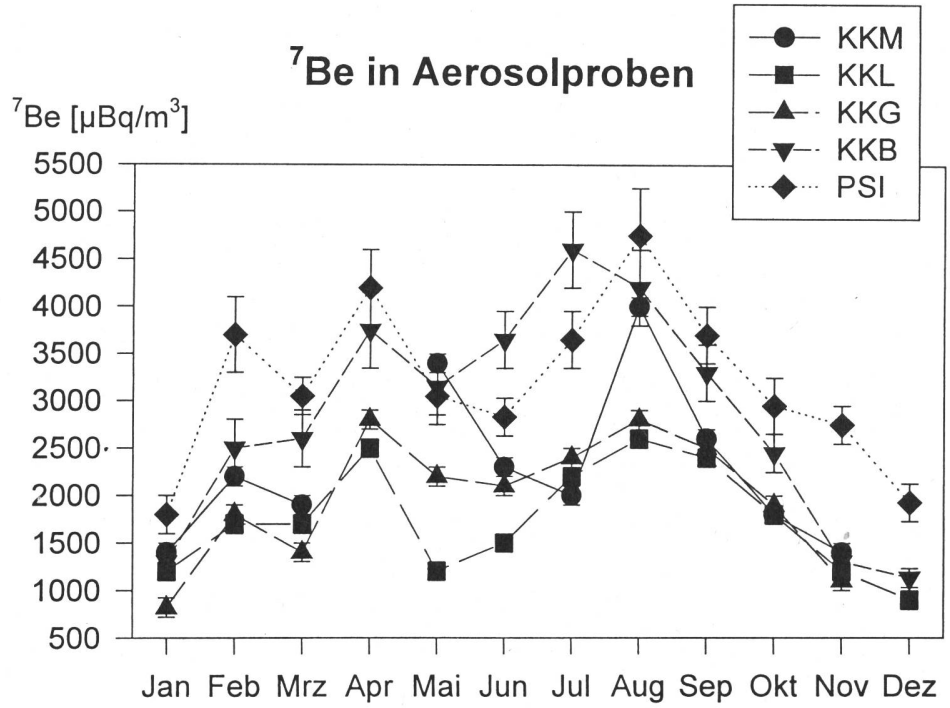


Fig. 1: ^{7}Be Aktivitäts-Konzentrationen in den Aerosolproben aus der Nähe von Kernanlagen. (Messungen KKB/PSI durch das PSI). Die ^{137}Cs Werte lagen in allen Monatsproben unterhalb der Nachweisgrenze von 10 µBq/m^{3}.

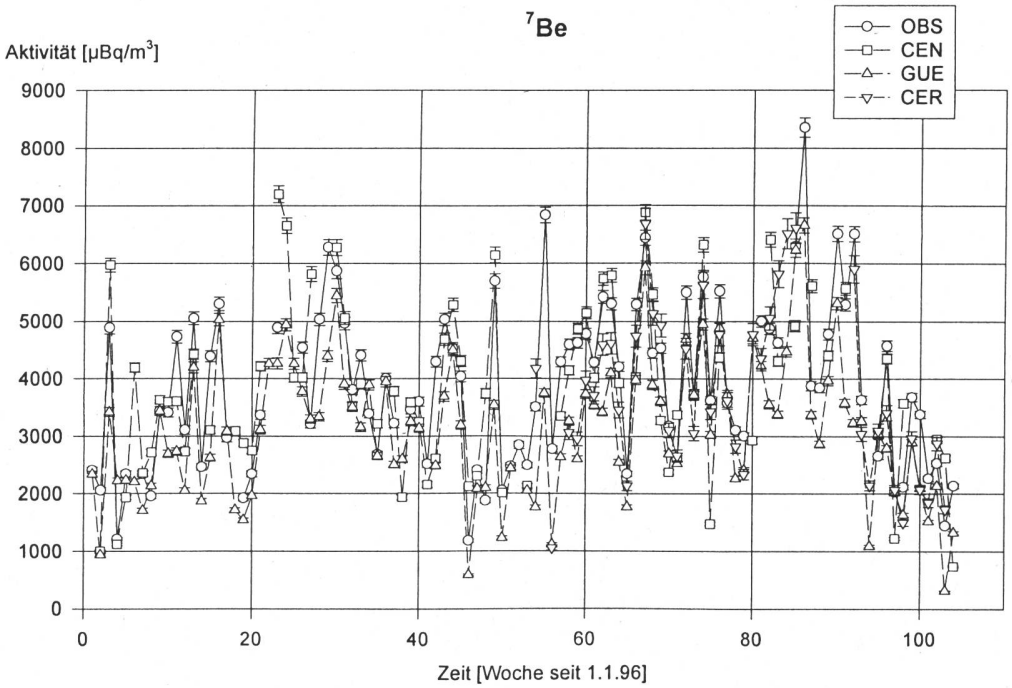


Fig. 2: ^{7}Be-Konzentration in Aerosolproben an den Station Oberschrot (OBS), Güttingen (GUE), Mte.Ceneri (CEN) und CERN (CER). Messungen CER durch das AC-Labor Spiez.

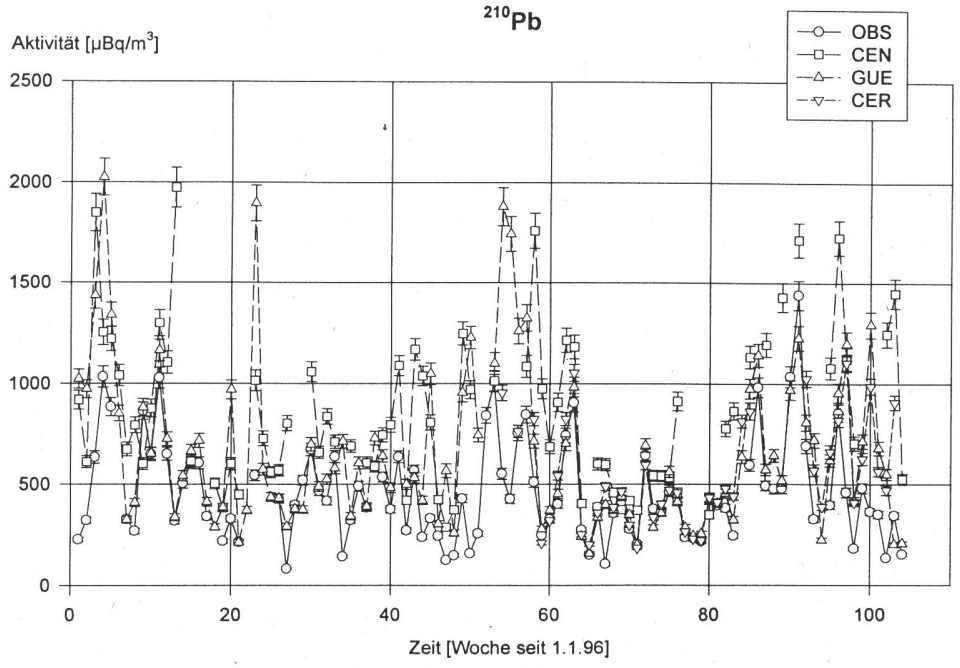


Fig. 3: ^{210}Pb-Konzentration in Aerosolproben an den Station Oberschrot (OBS), Güttingen (GUE), Mte.Ceneri (CEN) und CERN (CER). Messungen CER durch das AC-Labor Spiez.

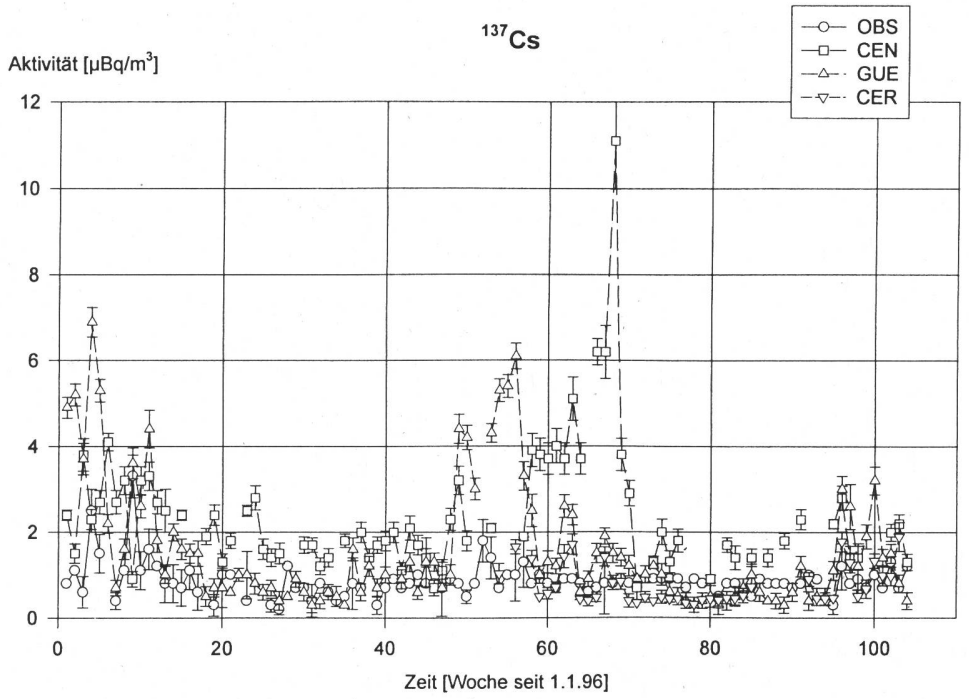


Fig. 4: ^{137}Cs-Konzentration in Aerosolproben an den Station Oberschrot (OBS), Güttingen (GUE), Mte.Ceneri (CEN) und CERN (CER). Messungen CER durch das AC-Labor Spiez.

Die ^{137}Cs-Werte auf dem Mte.Ceneri und in Güttingen liegen deutlich höher als in Oberschrot und beim CERN, was auf die höhere Aktivität der resupendierten Teilchen im Tessin und in der Gegend des Bodensees zurückzuführen sein könnte. Der Kanton Tessin und die Ostschweiz wurden 1986 vom Tschernobyl-Fallout stärker betroffen als die Kantone Freiburg oder Genf. ^{134}Cs konnte 1997 in Oberschrot und beim CERN nicht mehr und auf dem Mte.Ceneri und in Güttingen nur noch vereinzelt nachgewiesen werden (Nachweisgrenze ca. 0.3 µBq/m^3).

Regen und Trockenstaub-Ablagerungen

Die ^{137}Cs-Aktivitäten im Regen von Cernier, Davos, Fribourg, Locarno und Valsainte und in der Umgebung der Kernanlagen (KKM, KKG, KKB/PSI und KKL) lagen 1997 in allen Monatsproben unter 20 mBq/l. Die Aktivitäten des natürlicherweise vorhandenen ^{7}Be in den Regenproben sind in Figur 5 zu sehen.

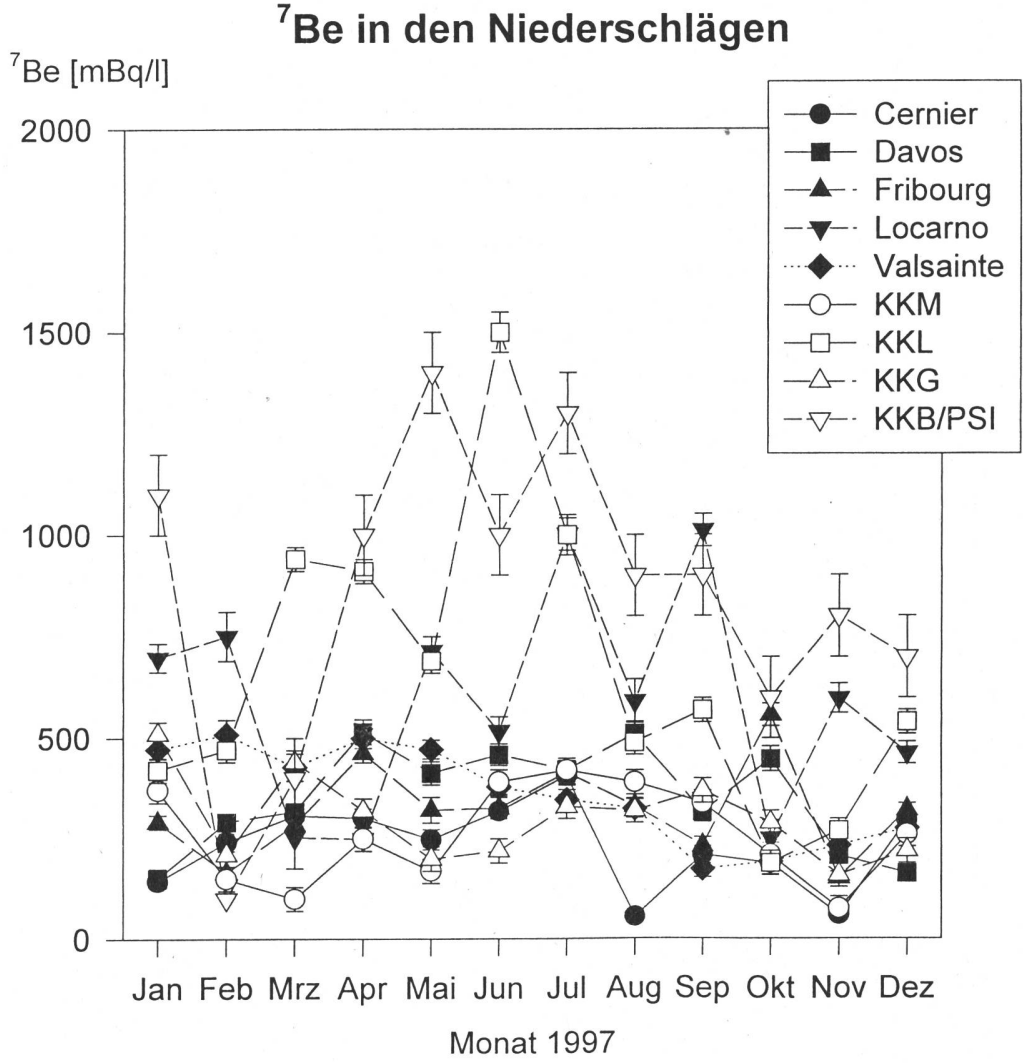


Fig. 5: ^{7}Be im Regen an den Standortn Cernier, Davos, Fribourg, Locarno und Valsainte und in der Umgebung der Kernanlagen (Messungen KKB/PSI durch das PSI).

An einer Stelle in der Schweiz, in Locarno-Monti, werden Regen und Trockenstaub-Ablagerungen separat gesammelt. Dabei zeigt sich, dass die Ablagerung mit dem Regen deutlich überwiegt. Weniger als 10% der deponierten Aktivität stammen von der Trockenstaub-Ablagerung

Tritium in den Niederschlägen

Die ^3H Konzentrationen in den Niederschlägen in der Umgebung der Kernanlagen (und zum Vergleich in Fribourg, Fig.6) lagen 1997 mit einer Ausnahme unterhalb 20 Bq/l.

Die Ausnahme betrifft die Dezember-Probe aus der Umgebung des Kernkraftwerkes Mühleberg. Die in dieser Probe gemessenen (134 ± 4) Bq/l dürften von einem Tritium verarbeitenden Betrieb in Niederwangen stammen (siehe auch Kapitel 9.1).

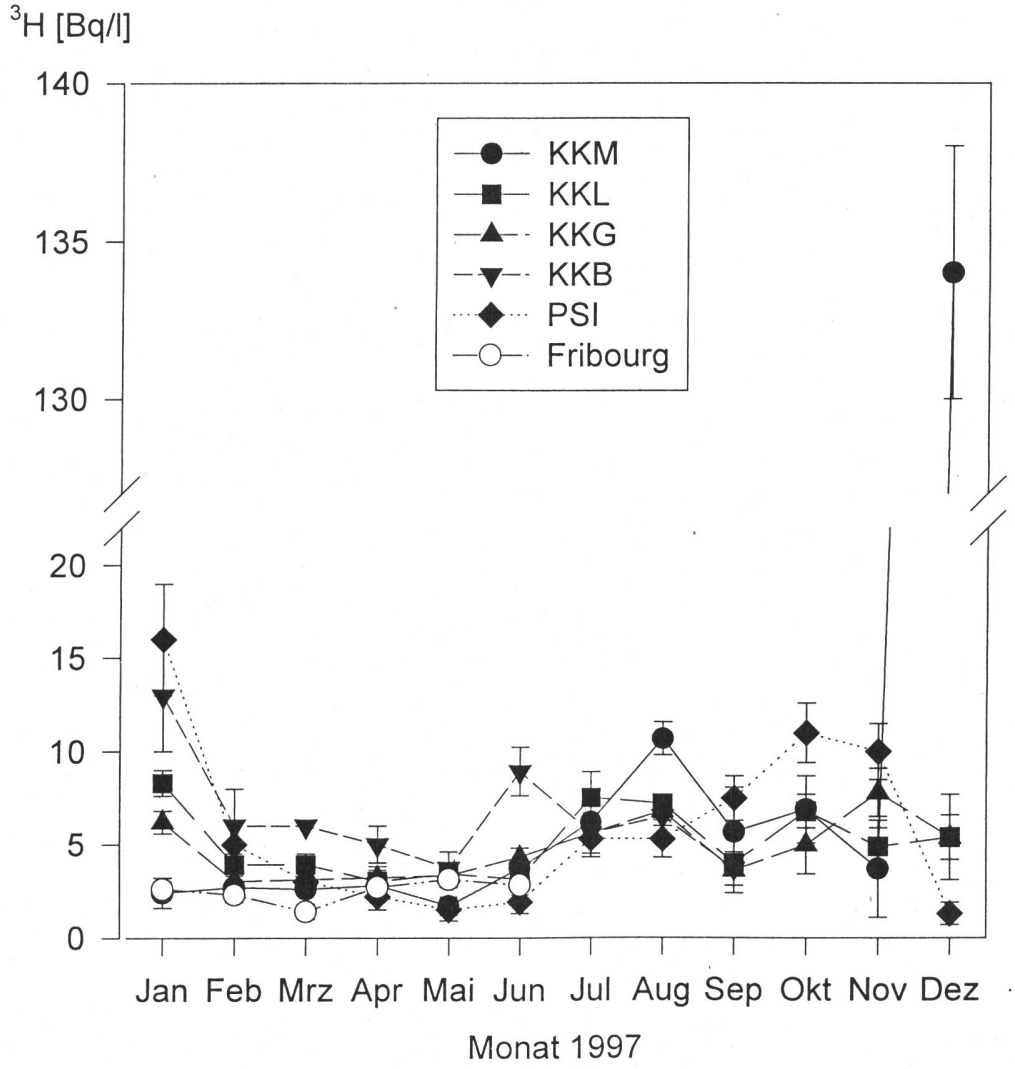


Fig. 6: ^3H Aktivitäts-Konzentrationen in den Niederschlägen 1997. (Messungen KKB und PSI durch das PSI)

Deutlich höhere ^3H Konzentrationen treten in der Umgebung Tritium verarbeitender Betriebe in Niederwangen (BE) und Teufen (AR) und in La Chaux-de-Fonds in der Nähe der Kericht-verbrennungs-Anlage (Fig.7 und 8) auf. Figur 8 zeigt zusätzlich die Tritium-Konzentration in der Luftfeuchte in der Nähe des Betriebes in Niederwangen.

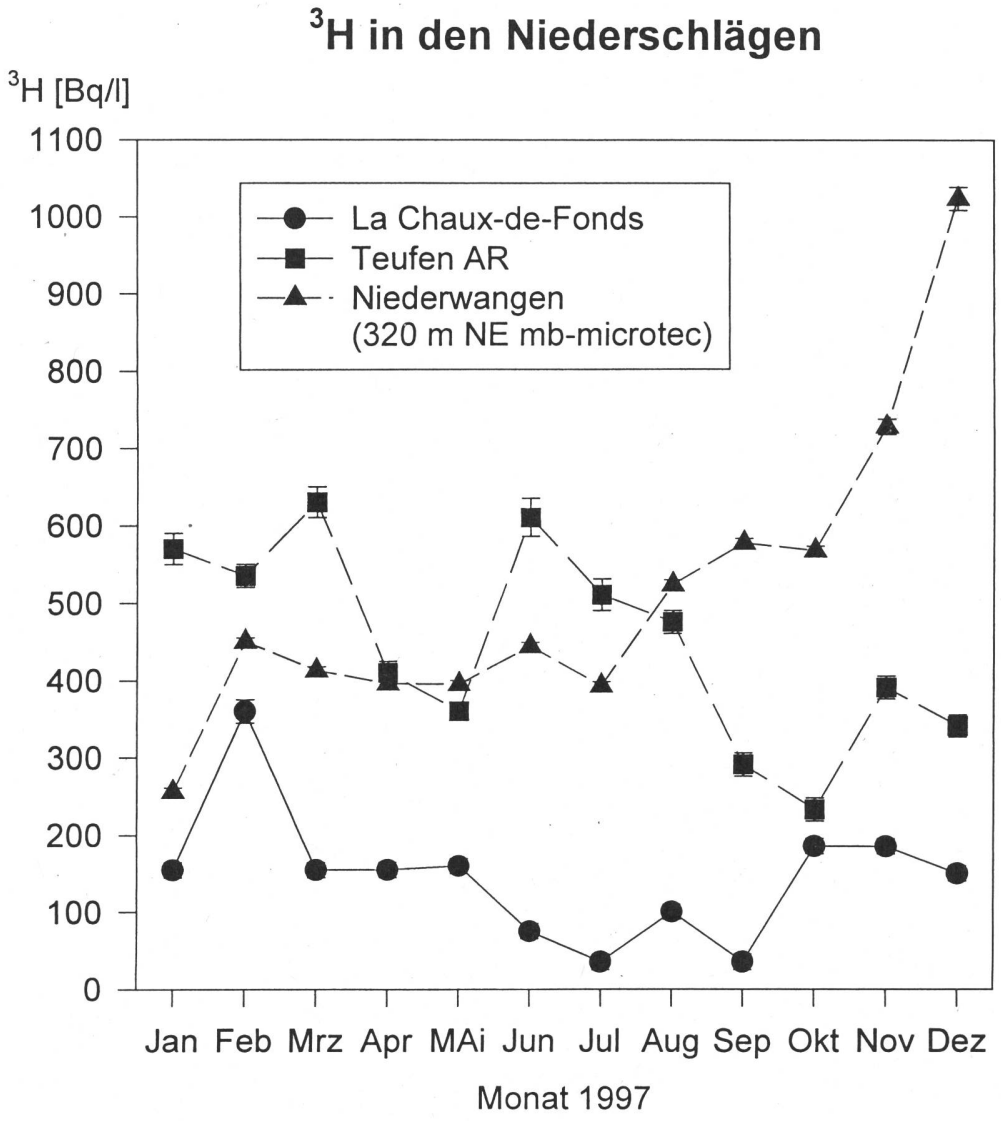


Fig. 7: ^3H Aktivitäts-Konzentrationen in den Niederschlägen in der Nähe Tritium verarbeitender Betriebe in Teufen (AR) und in Niederwangen (BE) und in der Nähe der Kericht-Verbrennungs-Anlage von La Chaux-de-Fonds.

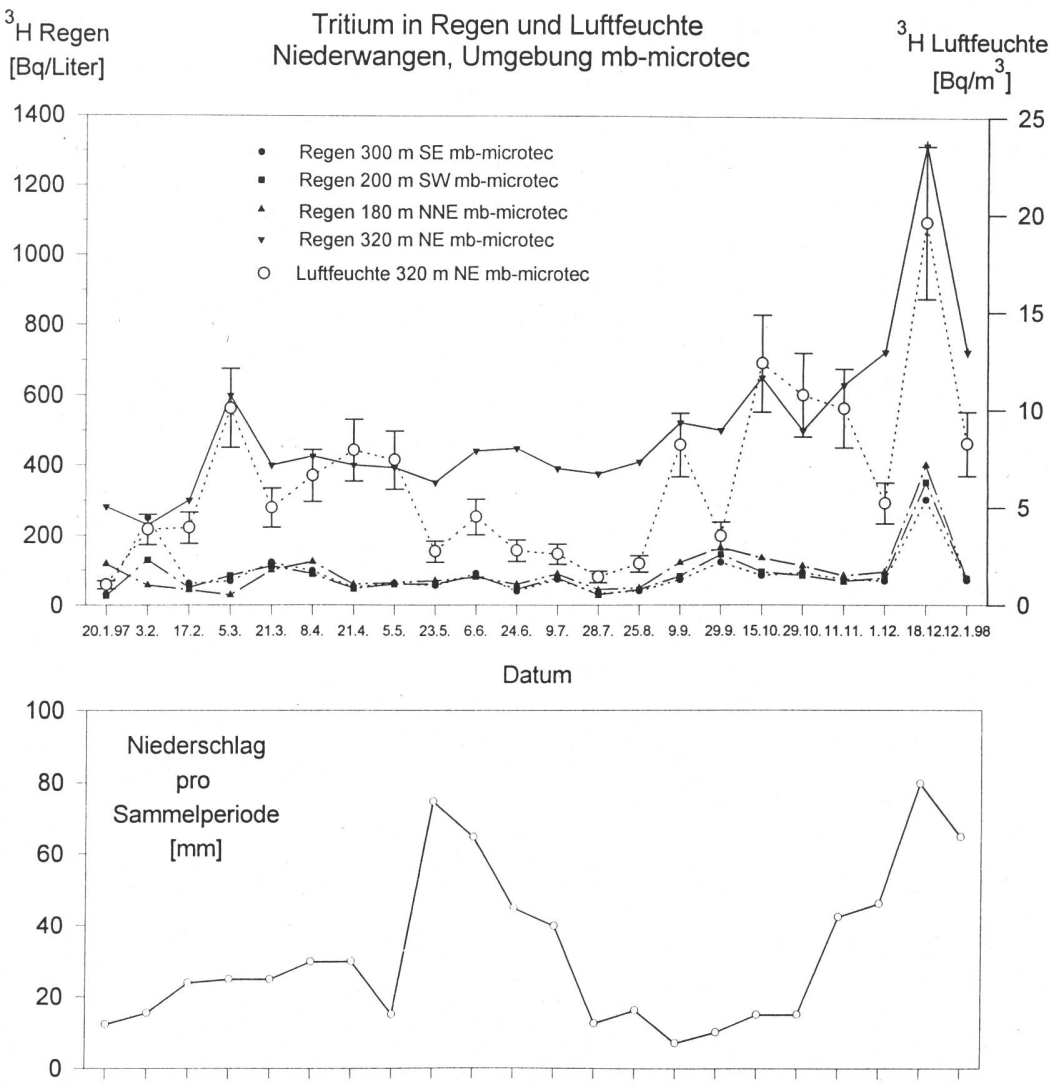


Fig.8: ^{3}H in den Niederschlägen an 4 Standorten in der Umgebung der mb-microtec in Niederwangen (BE), die ^{3}H Konzentration in der Luftfeuchte beim Standort 320 m NE mb-microtec und die Niederschlagsmengen bei diesem Standort.

4.2. Surveillance de l'air (RADAIR)

L. Ribordy et P. Beuret Section de surveillance de la radioactivité, SUER
Ch. du Musée 3, 1700 Fribourg

4.2.1. Résumé

L'installation des stations du Réseau Automatique de Détection dans l'Air des Immissions Radioactives (RADAIR) [1] *a été achevée. En plus des 11 stations de surveillance des aérosols, 3 moniteurs d'iode ont été mis en service dans les stations de Lugano, PSI et Fribourg (cf. carte à la Fig. 1). La centrale de Fribourg, où réside la base de données de type client-serveur, est en cours d'achèvement.*

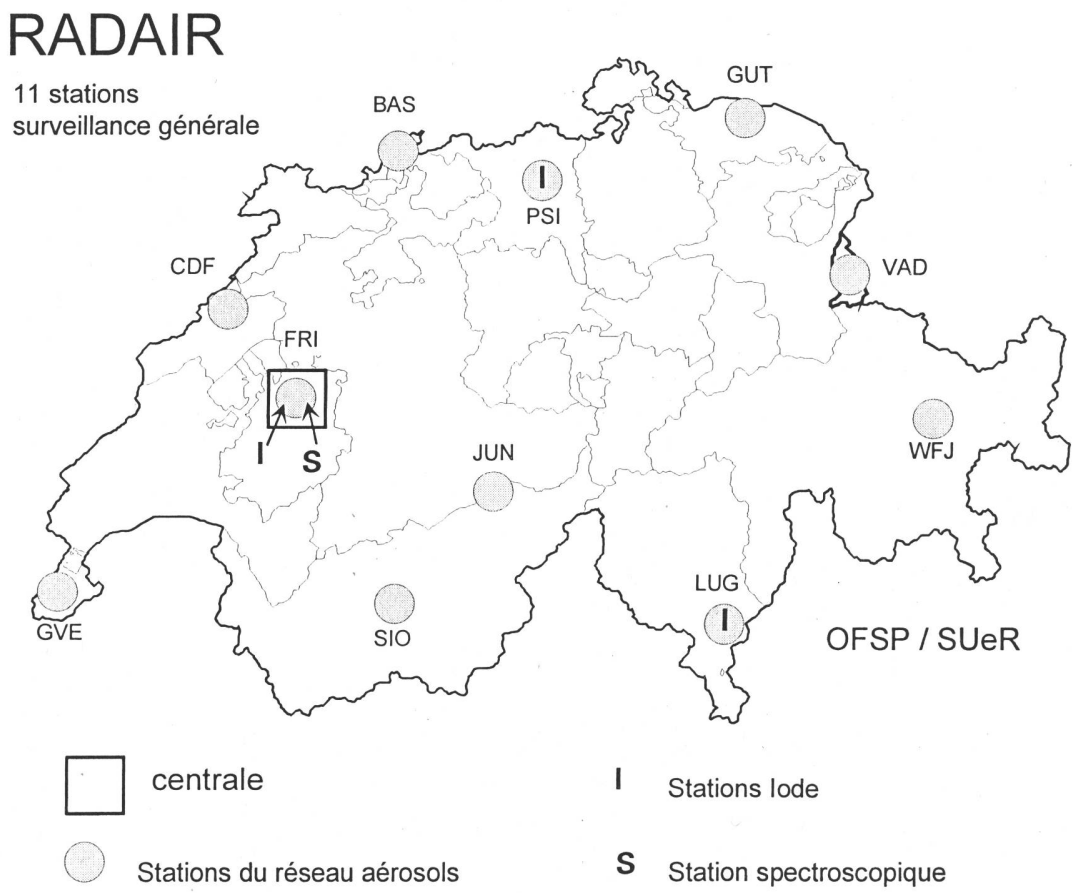


Figure 1: Carte des stations du réseau RADAIR.

Les 11 stations sont réparties autour du territoire suisse et en altitude (WFJ et JUN). Trois stations sont équipées, en plus du moniteur d'aérosols, d'un moniteur d'iode.

---

1) L. Ribordy et al. , Das schweizerische RADAIR-Projekt: ein automatisches Netz zur Überwachung der Radioaktivität der Luft, SS.173-176, Bericht der 25. FS-Tagung „Umweltradioaktivität, Radioökologie, Strahlenwirkungen", September 93, FS-93-67-T.

4.2.2. Les moniteurs d'aérosols

L'installation des 11 moniteurs d'aérosols, du type Eberline FHT59PC, a été achevée ; l'un d'eux est situé à Vaduz, capitale de la Principauté du Liechtenstein associée au projet. Ils mesurent en continu, à l'aide d'un scintillateur plastique et d'une couche de sulfure de zinc, l'activité bêta et alpha des aérosols déposés sur un filtre déroulant. Toutes les demi-heures, le filtre est avancé d'un dixième de diamètre de compteur, puis la concentration d'activité bêta artificielle est calculée ainsi : l'activité bêta naturelle est compensée en soustrayant de l'activité bêta totale une fraction constante de l'activité alpha (supposée d'origine naturelle uniquement). Une interface sérielle et un raccordement RNIS/ISDN (SwissNet 2) permettent la transmission des données et la télémaintenance. La centrale RADAIR qui collecte les données toutes les demi-heures est en voie d'achèvement.

4.2.3. Les moniteurs d'iode

L'installation des 3 moniteurs d'iode, du type Eberline FHT 1700, a également été achevée en 1997. Ils absorbent en continu l'iode gazeux sur la zéolithe contenue dans un récipient Marinelli. Un scintillateur à iodure de sodium détecte le rayonnement gamma et un système d'analyse électronique sépare par tri d'amplitude les composantes dues au rayonnement ambiant et celles du nucléide recherché (I-131). Toutes les demi-heures la concentration est calculée, enregistrée et peut être transmise par le réseau RNIS. Actuellement une centrale provisoire collecte les données une fois par jour.

4.2.4. Le réseau

La centrale RADAIR située à Fribourg collecte régulièrement les données, analyse les valeurs quant à des dépassements de seuil ou des anomalies de fonctionnement et notifie les alarmes appropriées (messages utilisateurs, CENAL/NAZ, pagers, etc.). Les données sont mémorisées dans une base de données relationnelle de type SQL-Base. Tout le système central (cf. la Figure 2) est construit de manière redondante et basé sur un système d'exploitation à tolérance de pannes Novell SFT III. Une fois terminés les travaux de réalisation actuellement en cours, les utilisateurs externes (CENAL/NAZ, PSI, FL) et les opérateurs de la SUeR pourront accéder aux données sous forme numérique et graphique à l'aide d'une application client développée spécialement pour le projet sur la base de SQL-Windows. Ils disposeront en outre d'outils de vérification et de correction des données ainsi que de fonctions de télémaintenance vers les stations de mesure. Les opérateurs auront un accès sécurisé aussi bien depuis leur poste de travail habituel que depuis un ordinateur portable à leur domicile par le réseau téléphonique.

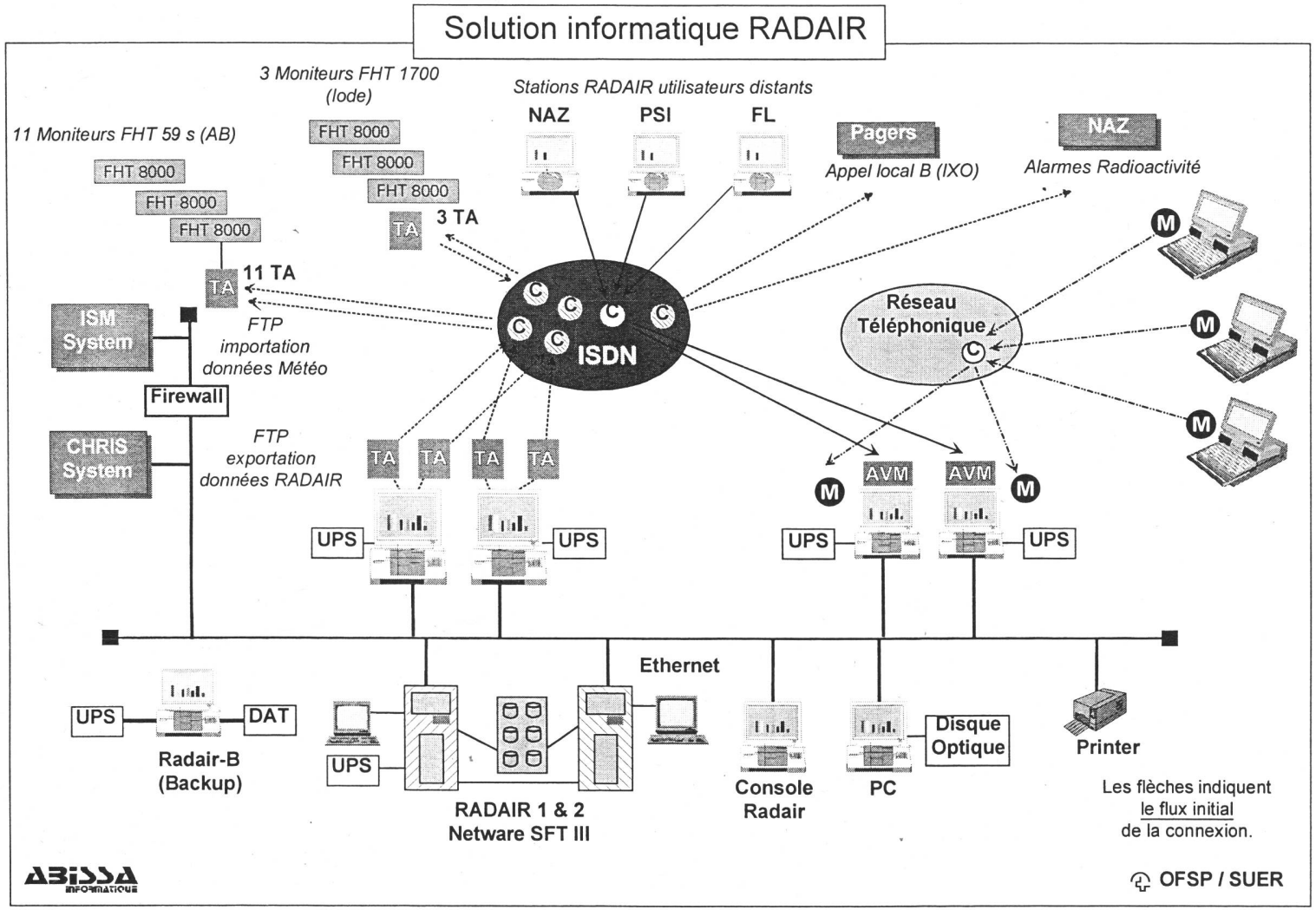


Figure 2: Structure informatique de RADAIR.

Les 2 serveurs principaux RADAIR 1&2 et les 4 serveurs de télécommunication forment une structure redondante. La collecte des données des moniteurs et l'accès des utilisateurs externes repose sur le réseau SwissNet2 (ISDN), l'accès distant des opérateurs de l'OFSP utilise des modems analogiques (call back).

4.3. Radioaktivität in aquatischen Systemen

J. Beer, A. Albrecht, A. Lück und Y. Weidmann

EAWAG, Abteilung Umweltphysik, 8600 DÜBENDORF

Zusammenfassung

Im aquatischen Bereich wurden zum ersten Mal Aare und Rhein mittels kontinuierlicher monatlicher Beprobung überwacht. Bis auf eine Ausnahme stimmen die monatlichen Frachten von ^{60}Co mit den Abgaben der Kernkraftwerke überein. Nur im Monat November wurde deutlich weniger gefunden als gemäss den Angaben der Kerkraftwerke abgegeben wurde.

Zum ersten Mal wurden auch geringe ^{60}Co Konzentrationen im ufernahen Grundwasser bei Aarberg und Pratteln gefunden.

Stichproben in der Tresa und im Inn ergaben keine messbaren künstlichen Radionuklide.

Dies gilt auch für das kontinuierlich überwachte Abwasser der ARA Zürich und Bern.

Auch in Fischen aus Aare und Rhein konnten keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen werden.

Die Tritiummessungen in der Umgebung von isotopenverarbeitenden Betrieben liegen im Bereich der Vorjahre mit generell leicht fallender Tendenz.

4.3.1. Ziele

Wasser stellt neben Luft das wichtigste Transportmedium für lokal freigesetzte Radioaktivität dar und bedarf deshalb besonderer Aufmerksamkeit.

Das Ziel der Ueberwachung besteht darin, Aenderungen der natürlichen Umgebungsradioaktivität festzustellen und die dafür verantwortlichen Radionuklide zu indentifizieren.

4.3.2. Methoden und Messverfahren

In diesem Jahr wurden die Installationsarbeiten für die neue kontinuierliche Ueberwachung von Aare und Rhein abgeschlossen und erste Erfahrungen gesammelt. Soweit als möglich werden alle künstlichen und natürlichen Radionuklide γ-spektrometrisch nachgewiesen. Die Aufarbeitung der grossvolumigen Wasserproben erfolgt entweder durch Fällung mit $Fe(OH)_3$ oder mittels Ionentauscher. Tritium in Wasserproben wird mit Hilfe von Flüssigszintillation gemessen. Alle Angaben von spezifischen Aktivitäten in Sedimenten beziehen sich auf Trockengewichte.

4.3.3. Zusammenfassung der Ergebnisse

Kernanlagen

Die Abgaben der Kernkraftwerke werden durch kontinuierliche Wasserproben aus der Aare (Rewag, unterhalb des Kernkraftwerks Mühleberg) und dem Rhein (bei Weil unterhalb von Basel) überwacht. An beiden Stellen können neben den natürlichen Radionukliden ^{7}Be und ^{210}Pb fast ständig ^{60}Co und ^{137}Cs und vereinzelt ^{58}Co und ^{65}Zn nachgewiesen werden. In Figur 1 sind die ^{60}Co-Abgaben des Kernkraftwerks Mühleberg sowie die aus den gemessenen ^{60}Co-Konzentrationen im Aare-Wasser berechneten Frachten dargestellt. Bis auf eine Ausnahme sind die berechneten Frachten wesentlich grösser als die effektiven, da sich die Probenahmestelle Rewag in der Abwasserfahne des Kernkraftwerks Mühleberg befindet. Diese Station wird deshalb ab 1998 ersetzt durch eine neue Probenahmestelle beim Wasserkraftwerk Hagneck, wo die Durchmischung vollständig erfolgt ist.

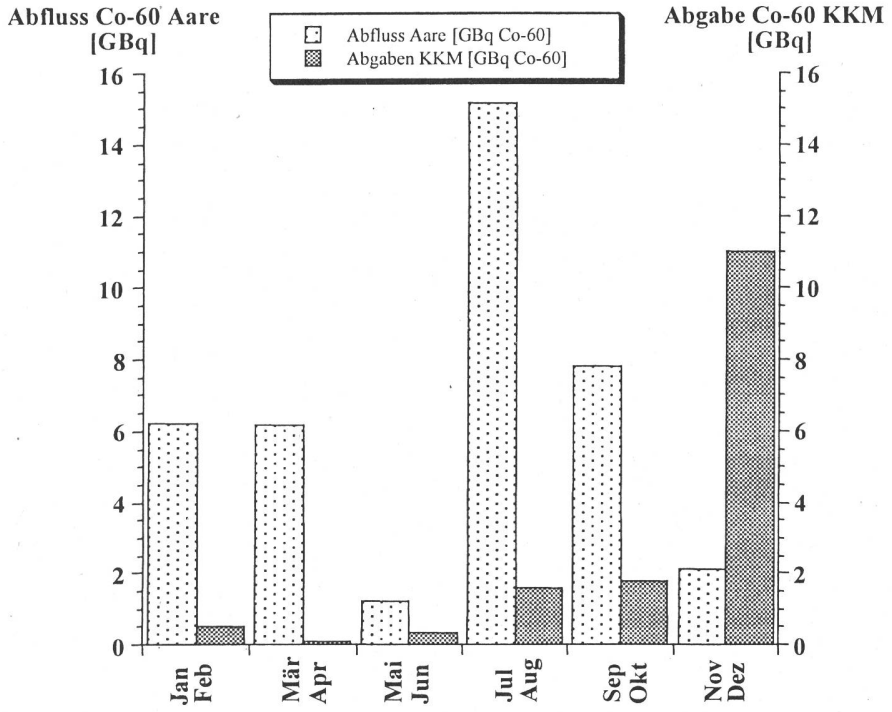


Fig. 1: Co-60 in der Aare bei Rewag

Interessanterweise wird die grösste Abgabe des Kernkraftwerk's Mühleberg von 9 GBq im November durch die Messungen bei Rewag nicht bestätigt.

Figur 2 zeigt die Verhältnisse für die Station Weil bei Basel. Der Abfluss von ^{60}Co ist verglichen mit den Gesamtabgaben aller Kernkraftwerke. Die Abflüsse sind im allgemeinen vergleichbar mit den Abgaben bis auf den Monat November, wo es ebenfalls keine Hinweise auf eine hohe Abgabe des KKW's Mühleberg gibt.

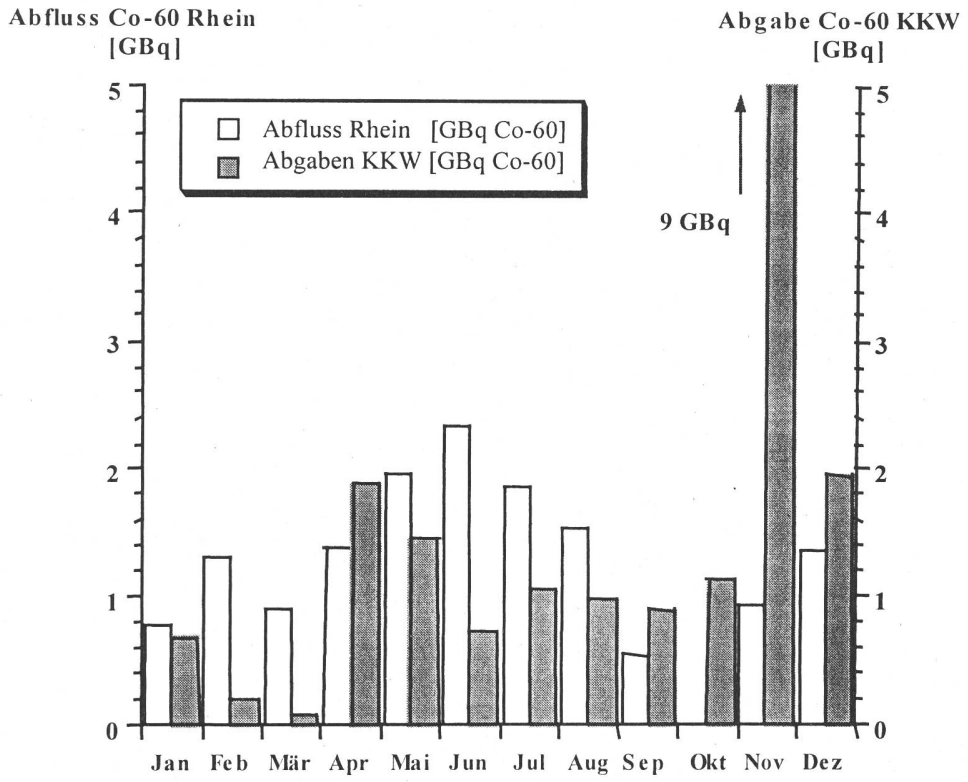


Fig. 2: Co-60 im Rhein bei Weil

Summiert über das ganze Jahr liegt der Abfluss mit 15±2 GBq unter den Abgaben von 20 GBq. Mit der Inbetriebnahme der Stationen Hagneck und Klingnau sollte es in Zukunft möglich sein, die Grösse der Frachten und die Verzögerungen durch den Bielersee genauer zu analysieren.

Die Sedimentfallen aus den Stauseen Niederried, Klingnau und Augst (Figur 3) enthalten ^{54}Mn, ^{60}Co, ^{137}Cs sowie u.a. die natürlichen Radionuklide ^{7}Be, ^{40}Ka und ^{210}Pb.

^{7}Be zeigt Werte, die im allgemeinen zwischen 100 und 300 Bq/kg liegen. Der Maiwert im Stausee Klingnau ist dagegen deutlich höher.

^{40}K schwankt vorwiegend zwischen 300 und 400 Bq/kg.

Die ^{54}Mn Werte sind einigermassen korreliert mit den Abgaben der Kernkraftwerke Mühleberg und Beznau. Dies gilt ebenfalls für ^{60}Co, wobei die Abgabe von 9 GBq in November wieder nicht bestätigt wird, während die um rund eine Grössenordnung niedrigeren Abgaben im August und Oktober deutlich zu sehen sind.

Bei den ^{137}Cs und ^{210}Pb Daten fällt auf, dass sie sowohl bezüglich saisonaler Schwankungen, als auch besonders bezüglich der relativen Grössen ein ähnliches Verhalten zeigen. Vermutlich ist dies darauf zurück zu führen, dass diese Nuklide zu einem grossen Teil an Partikel gebunden sind, die durch Erosion in Aare und Rhein gelangen.

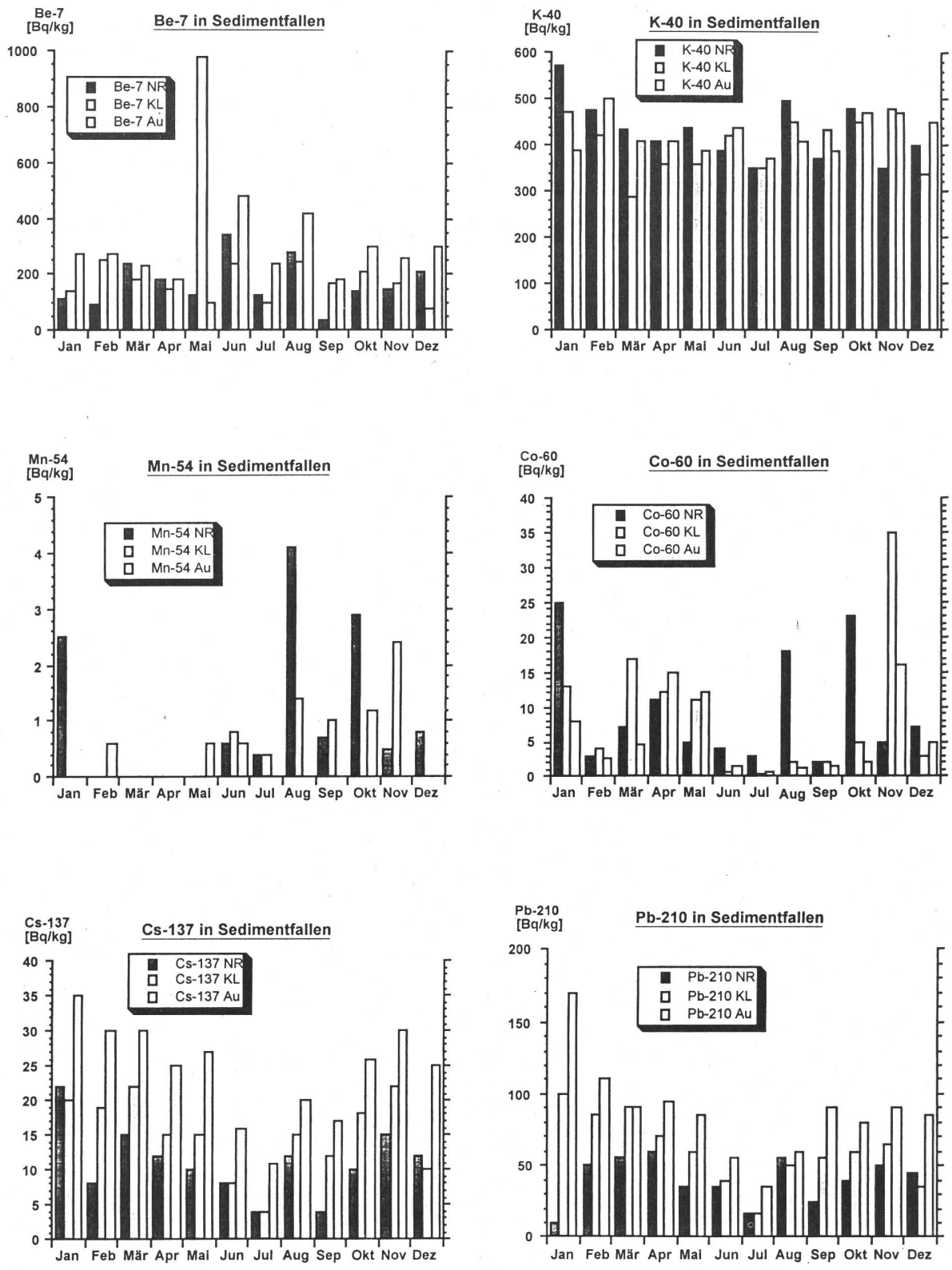


Fig. 3: Monatliche Radionuklidkonzentrationen in Sedimentfallen von Niederried (NR), Klingnau (KL) und Augst (AU)

Grundwasser

Sowohl im Grundwasser bei Pratteln als auch von Aarberg konnten Spuren von ^{60}Co festgestellt werden (0.6 ± 0.2; 5.7 ± 0.6 Bq/m^3). Da ^{60}Co zu einem grossen Teil an organische Liganden gebunden ist und damit eine geringe Tendenz zur Adsorption an Partikeln zeigt, und da beide Grundwassersysteme je nach hydrologischen Bedingungen mehr oder weniger stark von infiltriertem Aare- oder Rheinwasser gespiesen werden, stellt dieses Ergebnis keine Ueberraschung dar. Allerdings wird die Ueberwachung für beide Pumpwerke in Zukunft intensiver betrieben werden.

Messung in der Umgebung von La-Chaux-de-Fonds

In den Figuren 4 und 5 sind die Tritiumkonzentrationen im Niederschlag und im Abwasser der Kläranlage zu sehen. Die über die letzten Jahre beobachtete Saisonalität mit Maxima im Winter und Minima im Sommer setzt sich fort. Im Abwasser der ARA sind die Tritium-Konzentrationen gegenüber dem Vorjahr wieder etwas zurückgegangen. Total wurden 12 TBq abgegeben verglichen mit 18 TBq im Vorjahr. Gemäss SUVA wurden 1997 ingesamt 294 TBq Tritium in La-Chaux-de-Fonds verarbeitet.

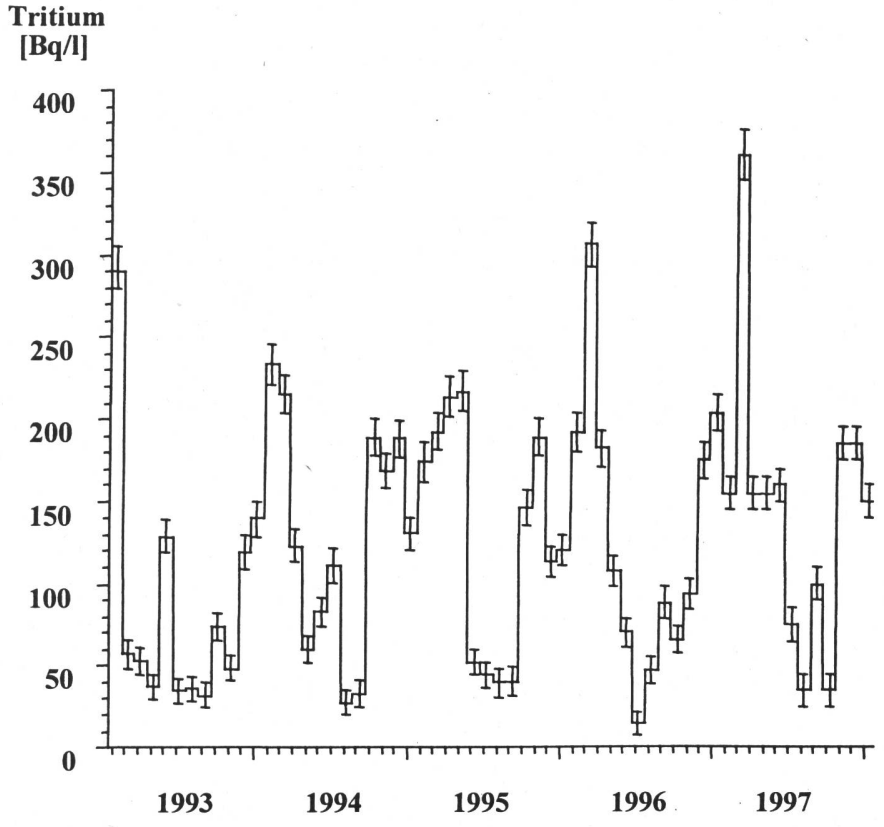


Fig. 4: Niederschlag La Chaux-de-Fonds

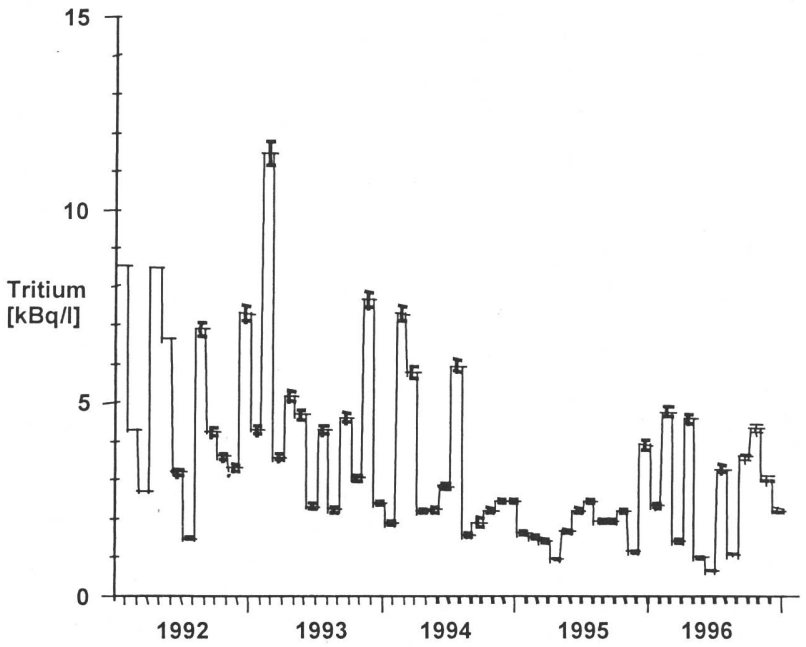


Fig. 5:

Gereinigtes ARA
La Chaux-de-Fonds

RC Tritec AG, Teufen /AR

Die Abnahme der Tritiumkonzentration im Niederschlag setzt sich fort und zeigt nur noch relativ geringe Schwankungen (Figur 6).

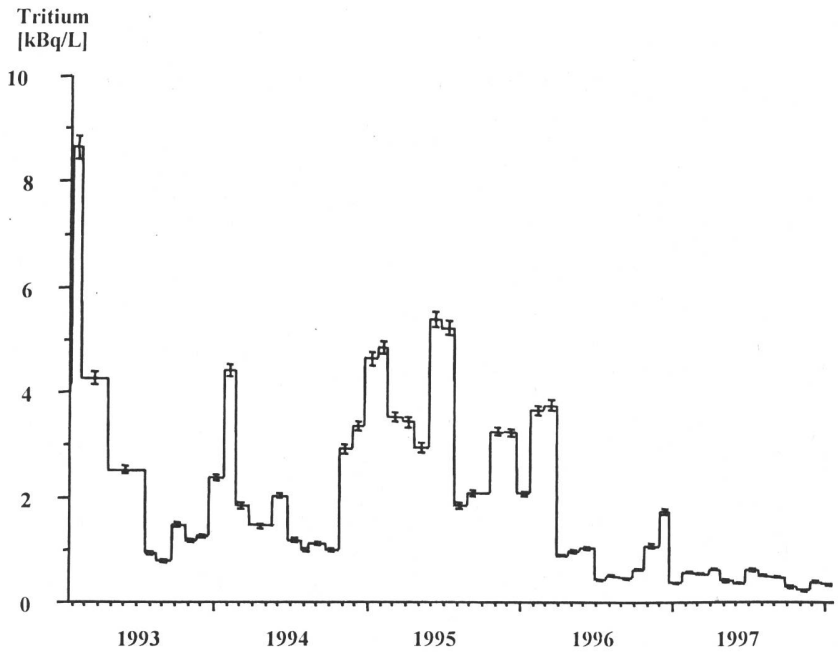


Fig. 6:

Niederschlag Teufen/AR
(65 m östlich des Kamins

Kläranlagen

Die wöchentlichen γ-Messungen von gereinigtem Abwasser der ARA Zürich und Bern zeigen bis auf vereinzelte geringe Mengen der natürlichen Radionuklide ^{40}Ka und ^{7}Be keine nachweisbaren Aktivitäten. Insbesondere konnte kein in der Nuklearmedizin verwendetes ^{131}I festgestellt werden (Nachweisgrenze: einige Bq/l).

Oberflächengewässer

Zusätzlich zu den bereits diskutierten Stationen Rewag (unterhalb KKW Mühleberg) und Weil am Rhein wurde der Rhein bei Diepoldsau und Rekingen mittels monatlichen Mischproben von 5 - 10 l überwacht. Es konnten keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen werden (^{137}Cs < 2 Bq/l). In Stichproben aus der Tresa bei Ponte Tresa und dem Inn bei Martina konnten ebenfalls keine künstlichen Radionuklide gefunden werden. Kontinuierlich gesammelte Wasserproben aus der Rhone (bei Porte du Scex/VS und Chancy/GE) und dem Ticino bei Contone/TI, die bei der SUER gemessen werden, ergaben ≤ 0,012 Bq/l. Tritium-Messungen im Rhein ergaben Werte im Bereich von einigen Bq/l, wie sie auch im Niederschlag gefunden werden. Untersuchungen an Fischen aus den Stauseen Niederried (Aesche), der Aare unterhalb Beznau (Alet) und dem Rhein unterhalb des Stauwehrs Leibstadt (Alet) gaben keine Hinweise auf Inkoporationen von künstlichen Radionukliden.

Im Rahmen des HSK-Projektes wurden unterhalb der Kernkraftwerke Mühleberg und Beznau koordiniert mit den Abgaben von Abwasser aus den Kernkraftwerken Messungen an verschiedenen Partikelfraktionen durchgeführt. Die Resultate bestätigen frühere Messungen, dass Kobalt vorwiegend an organische Liganden gebunden ist, und dass der partikuläre und kolloidale Anteil nur in seltenen Fällen 20% überschreitet.

4.4. Einschwemmungen von Cäsium-Radionukliden in den Luganersee

R. Miller[1], J. Drissner[1], E. Klemt[1], G. Zibold[1], M. Burger[2], A. Jakob[2]

1) Fachhochschule Ravensburg-Weingarten, Hochschule für Technik und Sozialwesen, Radioökologie-Labor, Postfach 1261, D-88241 Weingarten, Deutschland

2) GR, AC-Laboratorium Spiez, Sektion Sicherheitsfragen, Zentrale Analytik und Radiochemie, CH-3700 Spiez, Schweiz

Zusammenfassung

Der ursprüngliche Eintrag von Cs-137 aus dem Tschernobyl-Fallout in den Luganersee betrug etwa 22 kBq/m². In Sedimentproben haben wir Inventare an Tschernobyl Cs-137 zwischen 10 und 110 kBq/m² gemessen. Die scharfen Maxima der spezifischen Aktivität lagen, abhängig von der relativen Lage der Probenahmestelle zur Mündung eines Zuflusses, in Tiefen zwischen 2 cm und mehr als 10 cm. In den obersten Sedimentschichten werden immer noch spezifische Aktivitäten von etwa 1 kBq/kg gemessen. Daraus schließen wir, daß kontinuierlich Cs-137 aus dem Wassereinzugsgebiet in den Luganersee eingetragen wird und daß das Cs-137, an Schwebstoffe angelagert, im Sediment akkumuliert wird.

In den Jahren 1995 bis 1997 waren die Cs-137 Aktivitätskonzentrationen dreier Hauptzuflüsse, des Abflusses und des Wassers des Luganersees mit etwa 5 bis 10 mBq/l vergleichbar. Aufgrund des mittleren jährlichen Wasserabflusses von 24 m³/s fließt eine Aktivität von mindestens 4 GBq pro Jahr aus dem See ab. Die Rücklösung von Cs-137 aus dem Sediment hat zur Zeit keinen wesentlichen Anteil an der Kontamination des Seewassers.

4.4.1. Einleitung

Cs-137 Eintrag aus dem Tschernobyl-Fallout über die Wasseroberfläche betrug etwa 22 kBq/m² [1]. Dies ist vergleichbar mit dem Eintrag von etwa 17 kBq/m² in den Bodensee in der nördlichen Voralpenregion. Zur Zeit messen wir im Luganersee eine Aktivitätskonzentration im Wasser (ca. 5 mBq/l), die über 20 mal höher ist als die des Bodensees [2]. Um zu klären, ob weiterhin kontinuierlich Cs-137 aus dem Wassereinzugsgebiet in den See eingetragen wird und/oder ob Cs-137 aus dem Sediment herausgelöst werden kann, wurden die Untersuchungen der vergangenen Jahre fortgeführt und Sediment- und Wasserproben von zusätzlichen Positionen im Luganersee (Abb. 1) untersucht.

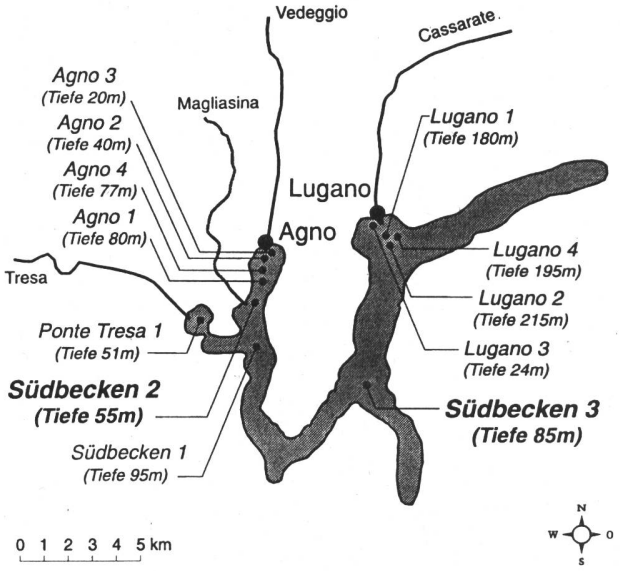


*Abb. 1 Probenahmepositionen von 1994, 1995, 1996 und **1997 (fett gedruckt)** im Luganersee*

4.4.2. Tiefenverteilung von Cäsium–137 im Sediment

In Abb. 2 ist die Tiefenverteilung der spezifischen Aktivität von Cäsium-137 im Sediment der Position „Südbecken 2" dargestellt. Diese Position befindet sich in einer Wassertiefe von 55 m nahe der Mündung der Magliasina, allerdings nicht im direkten Wasserstrom, so daß kein grobkörniges Material deponiert wurde. Wie an allen anderen Positionen sehen wir ein scharfes Maximum, hier in 6 bis 7 cm Tiefe, das dem Fallout des Tschernobyl-Unfalls von 1986 zugeordnet werden kann. Das sehr viel breitere Maximum in etwa 28 cm Tiefe wurde durch den Fallout der oberirdischen Kernwaffentests der 60iger Jahre verursacht. Das gesamte Tschernobyl-Inventar ist an der Position „Südbecken 2" etwa doppelt so hoch wie der direkte Eintrag über die Wasseroberfläche. In der obersten Sedimentschicht finden wir eine relativ hohe spezifische Aktivität von etwa 500 Bq/kg. Dies ist etwa 5 mal mehr als in Bodenseesedimenten [3,4] gemessen wurde, aber nur etwa halb so viel wie an anderen vergleichbaren Positionen im Luganersee. Dieses weist darauf hin, daß die Magliasina feine, Cäsium-137 kontaminierte Partikel in den Luganersee einträgt, auch wenn deren spezifische Aktivität nicht so groß ist wie bei den anderen Zuflüssen.

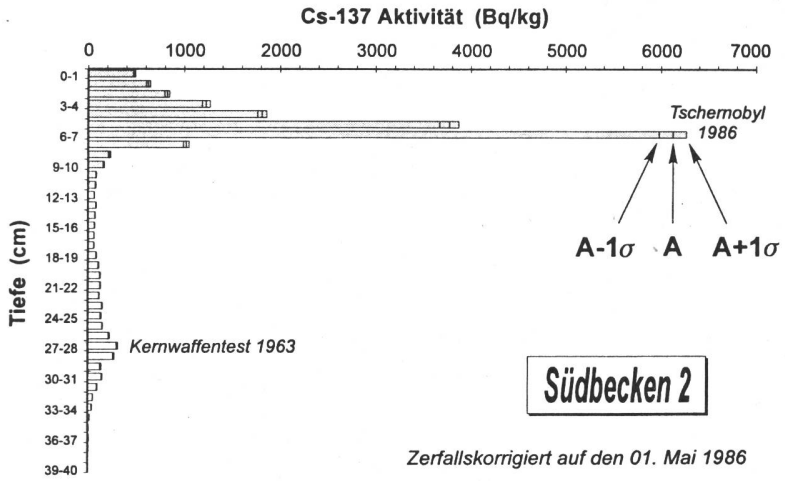


Abb. 2 ^{137}Cs-Tiefenverteilung im Sediment an der Position Südbecken 2 (vor der Magliasina). Tiefe 55 m.

Zum Vergleich ist in Abb. 3 die Cäsium-137 Tiefenverteilung der Position „Südbecken 3" dargestellt. Diese Position, in 85 m Wassertiefe, befindet sich in der Mitte eines Beckens und ist weit von den Hauptzuflüssen und vom Abfluß Tresa entfernt. Das scharfe Maximum des Tschernobyl-Fallouts ist hier in einer Tiefe von nur 3 bis 4 cm und das Maximum des Kernwaffentest-Fallouts in etwa 13 cm Tiefe. Die Sediment-Depositionsrate ist hier also nur halb so groß wie an der Position „Südbecken 2". Das Tschernobyl-Gesamtinventar im Sediment von 22 kBq/m^2 entspricht dem direkten Eintrag über die Wasseroberfläche. Trotzdem beträgt die spezifische Aktivität an der Sedimentoberfläche 1 kBq/kg. Daraus schließen wir, daß einerseits ein Teil der Tschernobyl-Aktivität durch Wasserströmung davongetrieben wurde und daß andererseits kontinuierlich feinkörniges, Cäsium-137 kontaminiertes Material durch kleine Bäche die steilen Abhänge hinunter in der

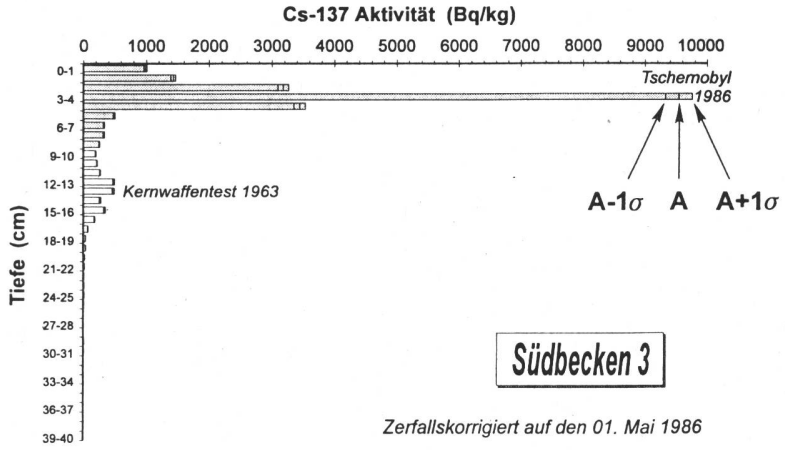


Abb. 3 ^{137}Cs-Tiefenverteilung im Sediment an der Position Südbecken 3 (Mitte des Beckens vor Melide). Tiefe 85 m.

Luganersee, auch bis zur Position Südbecken 2, transportiert wird. Die Bedeutung dieser kleinen Bäche erkennt man daran, daß die Hauptzuflüsse Cassarate, Vedeggio und Magliasina im langjährigen Mittel nur 34 % der Wassermenge des Abflusses Tresa transportieren [5].

Der geringen Breite der Tschernobyl-Maxima ist zu entnehmen, daß Diffusion und Bioturbation nur eine untergeordnete Bedeutung bei der Tiefenverteilung des Cäsium-137 im Sediment spielen.

4.4.3. Cäsium-137 in Zu- und Abflüssen des Luganersees

Den Zuflüssen Cassarate und Vedeggio wurden von 1995 bis 1997 jeweils 11 Wasserproben entnommen. Die Aktivitätskonzentrationen betragen etwa 10 mBq/l bei Filtrierung durch einen Hauswasserfilter mit 50 µm Porengröße und etwa 5 mBq/l bei Filtrierung durch einen Filter der Porengröße 0,45 µm. Im Oktober 1997 wurde eine Aktivitätskonzentration (0,45 µm Filter) des Cassarate von 5,2 mBq/l, des Vedeggio von 3,9 mBq/l und der Magliasina von 2,5 mBq/l bestimmt. Zur gleichen Zeit hatte das Wasser des Abflusses des Luganersees, der Tresa, eine Aktivitätskonzentration von 5,3 mBq/l.

Multipliziert man das langjährige Jahresmittel der Abflußmenge des Luganersees [5] durch die Tresa (24,2 m^3/s) mit der Aktivitätskonzentration im Wasser der Tresa, erhält man auch 11 Jahre nach dem Unfall von Tschernobyl noch einen ^{137}Cs Eintrag von mindestens 4 GBq/a vom Luganersee in den Lago Maggiore (Schwebstoffe nicht eingerechnet).

4.4.4. Cäsium-137 im Wasser des Luganersees

1997 wurde dem Luganersee an den Positionen „Südbecken 2" und „Südbecken 3" oberflächennahes Wasser, grundnahes Wasser und Porenwasser aus dem Sediment entnommen. Die gemessenen ^{137}Cs-Aktivitätskonzentrationen sind zusammen mit den Messungen der vergangenen Jahre in Abb. 4 dargestellt. In Porenwasserproben wurden wieder ^{137}Cs-Aktivitäten gemessen, die mehr als eine Größenordnung höher waren als die in grundnahen oder oberflächennahen Wasserproben. Eine Aufkonzentrierung von Cs-137 im Porenwasser könnte hier vorliegen. Es muß aber auch berücksichtigt werden, daß bei Filterung mit der Porengröße 0,45 µm ein Teil der Tonminerale in dem Porenwasser verbleibt und dessen Aktivität durch selektiv an Tonminerale gebundene Cs-137 Ionen erhöht. Die Aktivitätskonzentrationen im

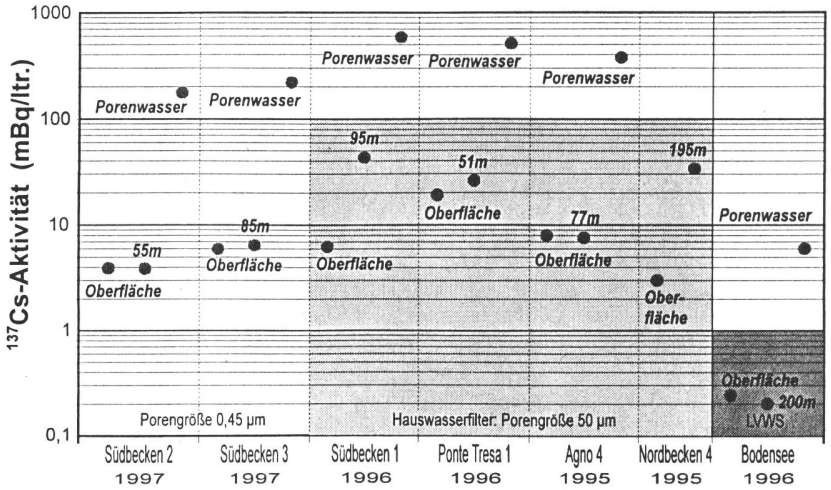


Abb. 4 Gelöstes ^{137}Cäsium im Luganersee und im Porenwasser seines Sedimentes. Dunkelgrau: Messung mit dem „Large Volume Water Sampler" (0,45 µm, V ≈ 1000 ltr.), mittelgrau: 50 µm Hauswasserfilter, hellgrau: 0,45 µm Filter.

Porenwasser von „Südbecken 2 und 3" sind etwa 2-5 mal kleiner als an den anderen bisher gemessenen Positionen. Grundnahe Wasserproben haben hier die gleichen Aktivitäten wie Oberflächenwasserproben.

Cäsium-Extraktionsexperimente an Sedimentproben und die Bestimmung der Konzentration der Konkurrenzionen NH_4^+ und K^+ in Seewasser und im Porenwasser des Sedimentes weisen darauf hin [2, 6], daß das Cäsium-Bindungspotential des Sedimentes geringer ist als im Bodensee. Da aber die Cs-137 Diffusion im Sediment sehr gering ist und die Cs-137 Aktivitätskonzentrationen im Wasser der Zuflüsse, des Sees und des Abflusses mehr oder weniger im Gleichgewicht stehen, können wir schließen, daß die Rücklösung von Cs-137 aus dem Sediment zur Zeit keine wesentliche Quelle für die Kontamination des Seewassers ist.

Wir bedanken uns bei A. Barbieri vom Laboratorio Studi Ambientali, Sezione Protezione Aria e Acqua, Lugano, für tatkräftige Unterstützung bei der Probennahme

Literaturverzeichnis

[1] P. H. Santschi, S. Bollhalder, S. Zingg, A. Lück, A. Farrenkothen. The Self-Cleaning Capacity of Surface Waters after Radioactive Fallout. Evidence from European Waters after Chernobyl. 1986 - 1988. Environ. Sci. Technol. 24 (1990) 519 -527.

[2] R. Miller, J. Drissner, E. Klemt, Th. Klenk, G. Zibold; M. Burger, A. Jakob. Cäsium-Radionuklide im Luganersee und in den Wäldern seines Einzugsgebietes. Bundesamt für Gesundheitswesen (CH), Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz, Jahresbericht 1996, Fribourg, 1997, B.4.4.1.

[3] A. Robbins, G. Lindner, W. Pfeiffer, J. Kleiner, H. H. Stabel, P. Frenzel. Epilimnetic scavenging and fate of Chernobyl radionuclides in Lake Constance. Geochim. Cosmochim. Acta 56 (1992) 2339-2361.

[4] S. Kaminski, A. Konoplev, G. Lindner, H. G. Schröder. The fate of artificial caesium radionuclides in Lake Constance. J. Hydrobiology (1998), submitted for publication.

[5] Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 1995, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft, Bern, 1996.

[6] Drissner, E. Klemt, Th. Klenk, R. Miller G. Zibold, M. Burger, A. Jakob: Investigations on the Caesium-137 Household of Lake Lugano, Switzerland. Proceedings of the 13th International Radiochemical Conference, Marienbad 1998, in Vorbereitung.